

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-014324

(43)Date of publication of application : 22.01.1999

(51)Int.Cl. G01B 11/24

G01B 11/00

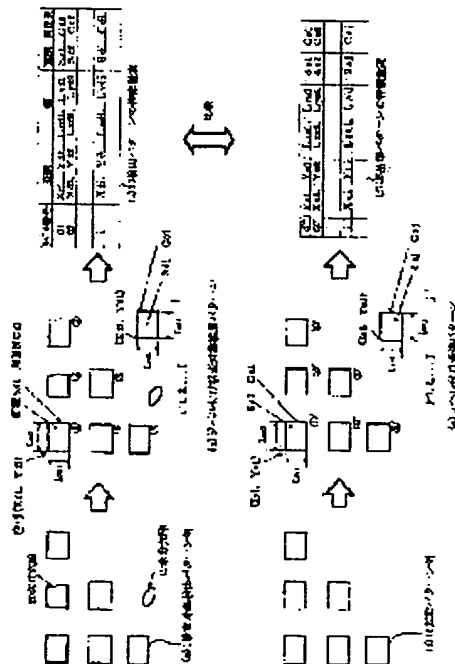
G01N 21/88

G06T 7/00

(21)Application number : 09-171453 (71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 27.06.1997 (72)Inventor : HARA YASUHIKO
KOBAYASHI HARUOMI
INOUE MITSUHIRO
SASADA MASATO

(54) PATTERN DEFECT INSPECTION METHOD AND DEVICE THEREFOR



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inspection method by which such an error is not judged as a defect even if there are deformation, strain of patterns and a positioning error between a standard pattern and an inspection object detecting pattern in a wiring board by applying a different inspection standard to patterns or respective layers in an inspection of a multilayer pattern on a multilayer wiring board to which a solder resist is applied.

SOLUTION: Inspection object patterns are detected, and labeled with respective patterns mutually separated in the detected patterns, and a feature quantity of the labeled individual patterns is calculated, and a table relating this feature quantity to positions of the labeled patterns is made. Meanwhile, a pattern being a standard for these inspection object patterns is prepared, and a

feature quantity of a standard pattern is also similarly calculated, and a table related to coordinates is made. In a pattern inspection, feature quantities of nearby patterns equivalent to corresponding coordinates of the table are compared with each other, and feature quantities of the inspection object patterns and the standard pattern are compared with each other, and a defect is detected.

BEST AVAILABLE COPY

[Claim(s)]

[Claim 1] Picturize an inspection object pattern and label attachment is carried out for every pattern each other separated in the inspection object pattern which detected and this detected this inspection object pattern. It compares with the characteristic quantity of a reference pattern and positional information which memorized beforehand the characteristic quantity which carried out this label attachment, and which calculated characteristic quantity for every pattern and was calculated for this every pattern, and the positional information of said pattern. The pattern defect inspection approach characterized by judging the defect of said inspection object pattern based on the compared this result.

[Claim 2] The pattern defect inspection approach according to claim 1 that the dimension of a pattern, area, a boundary length, a center of gravity, a second moment, and Nth order are also characterized by the thing of the square of - noodles, or an area and a boundary length included for any one at least by said characteristic quantity.

[Claim 3] The pattern defect inspection approach according to claim 1 characterized by said inspection object pattern being a pattern of a printed wired board with which the solder resist was applied.

[Claim 4] The printed wired board which applied the solder resist for detecting said inspection object pattern is illuminated by short wave Nagamitsu, such as a purple light. Detect the fluorescence generated from the solder resist section and a silk printing pattern, and the 1st image is obtained. The 2nd image which picturized the printed wired board which illuminated said printed wired board with red light, and was illuminated with this red light, and actualized the copper outcrop and the silk printing pattern is obtained.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is especially devised the the best for inspection of the defect of the printed wired board pattern after solder resist spreading (printed wired board final product), although the equipment which inspects the existence of the defect of a patchboard pattern is started and it can apply to inspection of a common electronic-circuitry pattern. It is defective inspection of the specifically exposed copper land. A silk alphabetic character or an approach suitable as the technique of inspecting the defect of a silk line pattern, and its equipment are offered.

[0002]

[Description of the Prior Art] The method of judging the difference between the pattern used as criteria and an inspection object pattern as detection method of an electronic-circuitry pattern to be a defect is used well. The patchboard pattern inspection method after the conventional solder resist spreading is also this approach. As shown in drawing 1, a detector 10 detects an object pattern 1 first, and it memorizes to the image storage 12, and let this be a reference pattern. A storage image is memorized as a multiple-value image, for example, an image with 256 steps of concentration. Next, an inspection object pattern is detected similarly and the difference of the storage reference pattern signal 13 and the inspection object-pattern signal 14 is taken by the difference circuit 15. If a difference is in a pattern, a big difference signal will come out from a difference circuit. When larger than the set point with a difference signal, this can be judged to be a defect. This is realizable by the binary-ized circuit 16 as a circuit.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Automation of the visual inspection of an electronic-circuitry pattern is important because of the improvement in the dependability of a product, and the formation of ** people of a production process. As for the visual inspection of the final product, i.e., the patchboard after solder resist spreading, in especially manufacture of a printed wired board, it is common to carry out in the visual inspection. As shown in the drawing 3 object pattern 1, the above-mentioned patchboard consists of the green of the solder resist 2, the white of the silk pattern 3, a light blue color of the patchboard base material section 4, and a copper metal color of the copper outcrop 5, and serves as a complicated pattern. From this, an automatic check is difficult and the visual-inspection equipment of sufficient engine performance is not found. However, in connection with the high efficiency and densification of electronic equipment, the demand of inspection upgrading becomes severe, and since reservation of the skilled inspection staff is becoming difficult, automation of the visual inspection of the above-mentioned patchboard pattern is indispensable.

[0004] As mentioned above, in the patchboard test equipment after the conventional solder resist spreading, these multilayer patterns are collectively detected as a multiple-value image. For this reason, the whole of each multilayer pattern can be inspected only by the same time limits/maintenance check. However, as for each multilayer pattern, time limits/maintenance checks differ respectively. That is, the copper outcrop pattern is made with a comparatively sufficient precision, and there must not be no defect acting as [when performing soldering] a failure. On the other hand, a silk pattern is manufactured by silk screen printing, and its pattern is also rough. Since it exists in order that people may see as reference also functionally, there is not necessarily so strict a time limits/maintenance check. The detection method demanded must be the approach of applying a different time limits/maintenance check to the pattern of these each class.

[0005] Moreover, if the conventional approach has distortion of deformation or a pattern, and an alignment error between a reference pattern and a subject-of-examination detection pattern in a patchboard, these will be detected as a defect. Since it is surely generated in an actual patchboard, the inspection approach of not judging such an error to be a defect is required for these errors.

[0006] The purpose of this invention is offering the pattern inspection approach and pattern detection equipment which can inspect the multilayer pattern formed on a sample by time limits/maintenance check which did not mistake distortion or the alignment error of a patchboard for a defect, and is different for each class.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, in this invention the pattern defect inspection approach Picturize an inspection object pattern, detect this inspection object pattern, and label attachment is carried out for every pattern each other separated in this detected inspection object pattern. It compares with the characteristic quantity of a reference pattern and positional information which memorized beforehand the characteristic quantity which calculated characteristic quantity for every pattern and was calculated for every pattern and the positional information of a pattern which carried out this label attachment. It considered as the pattern defect inspection approach characterized by judging the defect of an inspection object pattern based on this compared result.

[0008] Moreover, an exposure means to irradiate ***** at the substrate to be examined which has a pattern for pattern defect test equipment, An image detection means to detect the image of the pattern irradiated by this exposure means, A

characteristic quantity calculation means to calculate this characteristic quantity for every pattern that carried out label attachment by carrying out label attachment of the image of the pattern detected by this image detection means, and to memorize with the positional information of a pattern, A storage means to compute the characteristic quantity of a standard pattern beforehand and to memorize this computed characteristic quantity and the positional information of a standard pattern, A defective judging means to judge the defect of a pattern as compared with the characteristic quantity of a reference pattern and positional information which memorized the characteristic quantity and positional information of the pattern for which it asked with the characteristic quantity calculation means for the storage means was had and constituted.

[0009] Moreover, an exposure means to irradiate the illumination light in this invention at the substrate to be examined which has a pattern for pattern defect test equipment, A fluorescence image detection means to detect the fluorescence which irradiates with this exposure means and is generated from a substrate to be examined, and to detect the fluorescence image of a substrate to be examined, A red optical image detection means to detect the red light which irradiated with the exposure means and was reflected with the substrate to be examined, and to detect the red optical image of a substrate to be examined, A defective judging means to judge the defect of a substrate to be examined as compared with the characteristic quantity of the reference pattern which computed characteristic quantity, respectively from the fluorescence image detected with the fluorescence image detection means and the red optical image detected with the red optical image detection means, and memorized this characteristic quantity beforehand was had and constituted.

[0010] Namely, according to this invention, the dimension of a pattern etc. is measured, and since a pattern is inspected as compared with the dimension of a reference pattern etc., the dimension of a pattern etc. can be inspected with a sufficient direct precision. At this time, this inspection can perform inspection regardless of distortion and telescopic motion of an object pattern, and an alignment error amount.

[0011]

[Embodiment of the Invention] The example of the method of inspecting a pattern defect from the detected image by this invention is explained using drawing 2 -6.

[0012] First, the 1st example is explained based on drawing 2 .

[0013] The detected inspection object pattern presupposes that it is the object pattern 1 as shown in drawing 2 (a). Inspection is performed as follows.

[0014] First, processing called "label attachment" by the image processing in these patterns 1 is performed. Label attachment is each isolated processing which attaches number **, **, **, and ... for every pattern, as shown in drawing 2 (b).

[0015] pattern ** by which label attachment was carried out next, **, and ** ... ** -- the characteristic quantity of a **** pattern is calculated. Characteristic quantity is the area S_{di} of the width of face L_{xdi} of a pattern, height L_{ydi} , and a pattern, perimeter C_{di} of a pattern, barycentric coordinates M_{xdiydi} , second-moment $M2_{xdiydi}$, etc. ($i=1, 2, 3, \dots, I$). Moreover, the representation coordinate location (X_{di}, Y_{di}) of each pattern is calculated. This is the upper left coordinate or the barycentric coordinates of for example, each pattern. The characteristic quantity table 33 of a detection pattern as shown in drawing 2 (c) from the characteristic quantity obtained from these processings is made.

[0016] On the other hand, there shall be a "reference pattern" in an inspection object pattern. A reference pattern is obtained by detecting the pattern made from the design data, or a beforehand actual pattern. As shown in drawing 2 (d), in a reference pattern

18, the characteristic quantity table 35 (drawing 2 (f)) of label attachment and a reference pattern is made similarly. a label -- attachment -- a number -- ** -- ' -- ** -- ' -- ** -- ' ... ** -- carrying out .

[0017] From these two tables, inspection is conducted as follows.

[0018] The coordinate value (X_{di} , Y_{di}) of a subject-of-examination detection pattern is lengthened one by one from the characteristic quantity table of the detection pattern of drawing 2 (c) ($i=1, 2, 3, \dots I$). It asks for the difference of these coordinate values (X_{di} , Y_{di}) and the coordinate value (X_{sj} , Y_{sj}) in the characteristic quantity table of the reference pattern of drawing 2 (f), $X_{di}-X_{sj}=\epsilon_x$, and $X_{di}-Y_{sj}=\epsilon_y$ one by one ($j=1, 2, 3, \dots J$).

[0019] | When it is $\epsilon_x \leq E$ and $\epsilon_y \leq E$ (E is a position error permission constant), both patterns judge that it is a corresponding pattern, and measure characteristic quantity. The comparison of characteristic quantity will be outputted, if it judges with there being a difference in both patterns and there is a defect, when larger than a reference value with the difference of characteristic quantity.

[0020] For example, it judges that the magnitude of a pattern is different at the time of $|L_{xdi}-L_{xsi}| \geq \delta L$ and $|L_{ydi}-L_{ysi}| \geq \delta L$, and a detection pattern presupposes that it is a defect. δL is a time limits/maintenance check constant to pattern width of face.

[0021] Although the above took the width of face and the height of a pattern as characteristic quantity, the area S and the boundary length C of a pattern can also be taken.

[0022] Based on $|C_{di}-C_{si}| \geq \delta C$ or $|S_{di}-S_{si}| \geq \delta S$, a pattern can be similarly inspected at these times. A time limits/maintenance check constant and δS are a time limits/maintenance check constant to area. [as opposed to a boundary length in δC]

[0023] Although the above made the width of face of each pattern, area, and a boundary length the time limits/maintenance check, it is good also considering the ratio of the area S_{di} of a pattern, and the square of boundary-length C_{di} , the center of gravity M_{xdiydi} of a pattern, and second-moment $M2_{xdiydi}$ as a time limits/maintenance check.

[0024] By the approach shown above, the time limits/maintenance checks (δL , δC , δS , etc.) of magnitude unrelated to the magnitude of a position error ϵ can be set up, and a pattern can be inspected. By changing the magnitude, the time limits/maintenance check constants δL , δC , and δS etc. can perform precise inspection, and can also conduct coarse inspection.

[0025] As shown in drawing 2 (a), when there is an excessive pattern defect 19, since there is no reference pattern corresponding to the coordinate, this can be judged to be a defect. Since the allowed value E of a position error ϵ is allowed to one half of the magnitude of the array pitch of a pattern, inspection can be performed on the conditions that location permission is very big.

[0026] Next, it explains, using drawing 3 as the 2nd example of the pattern defect inspection by this invention.

[0027] The object pattern 1 shown in drawing 3 shows the pattern of the final product (after solder resist spreading and silk pattern formation) of a printed wired board. When making this pattern into a subject of examination, the pattern detection approach shown in patent application Taira 8-44665 (Taira March 1, 8) can be applied to detection of a pattern.

[0028] The example which extracts a copper pattern outcrop (land) and a silk pattern from the printed wired board detection image after solder resist spreading is shown

below using this detecting method.

[0029] Drawing 3 is an example which extracts a copper outcrop applicable to the patchboard to which the solder resist 2 of an ultraviolet curing mold was applied. In drawing 3, the image R which is illuminated by the detection image F and red light by the fluorescence detecting method, and the detected pattern is used. Since the solder resist of an ultraviolet curing mold generates fluorescence, in detection by fluorescence, the resist section is bright and the other part is reflected darkly. Moreover, the silk pattern 3 is also reflected brightly. By the red light lighting detection pattern R, a copper outcrop 5 and the copper silk pattern 3 are bright, and others are reflected darkly. The image which changed [the image detected next] the parts of "1" and "dark" into "0" for the part of "*" shall be treated.

[0030] The pattern C of only the copper outcrop 5 without the silk pattern 3 (part expressed with the thick continuous line by the "copper exposure pattern c" of drawing 3) can be obtained by leaving "1" of a red photodetection pattern and performing processing which sets other parts to "0" only in the part of "0" of a fluorescence detection pattern, by the resist partial elimination processing 21. Thereby, the pattern 5 for the copper section which is not covered by the solder resist 2 is obtained. Label attachment and tabulation 33 of this image C can be performed, and a copper outcrop (a land 7, and the copper vanity 8, other copper exposure defective parts) can be inspected by the approach stated to the example 1.

[0031] Next, the 3rd example of the pattern defect inspection by this invention is explained using drawing 4.

[0032] Drawing 4 is an example which extracts the silk pattern 3 applicable to the patchboard to which the solder resist of an ultraviolet curing mold was applied. The pattern S of only the silk pattern 3 can be obtained by leaving "1" of the red photodetection pattern R, and performing processing which sets other parts to "0" only in the part of "1" of the fluorescence detection pattern F, by the silk pattern extract processing 22. Tabulation 34 can be performed using this image S, and the silk pattern 3 can be inspected according to the 1st example.

[0033] Furthermore, the 4th example of this invention is explained using drawing 5.

[0034] Drawing 5 shows an example applicable to the solder resist spreading patchboard of a heat-curing mold. The fluorescence detection pattern F and the red photodetection pattern R are used as well as the above-mentioned example as detection of an object pattern 1. In the case of a heat-curing mold solder resist, since the resist section is reflected darkly, by the detection pattern F by fluorescence, the silk pattern 3 is bright and the other part is reflected darkly. On the other hand, by the red light lighting detection pattern R, a copper outcrop 5 and the copper silk pattern 3 are bright, and others are reflected darkly.

[0035] The pattern C of only a copper outcrop without the silk pattern 3 can be obtained by setting "1" of the red photodetection pattern R to "0", and performing processing which leaves the image of other parts as it is only in the part of "1" of the silk detection pattern 3 by fluorescence, by the silk pattern elimination processing 23. Tabulation 33' can be performed using this image C, and the copper outcrop 5 (a land 7, the copper vanity 8, other copper exposure defective parts) can be inspected by the approach stated to the example 1.

[0036] Moreover, the 5th example of this invention is explained using drawing 6.

[0037] Drawing 6 shows an example applicable to the solder resist spreading patchboard of a heat-curing mold. How to extract the silk pattern 3 from the fluorescence detection pattern F is shown. In this case, since only the silk pattern 3 is actualized brightly, the direct silk pattern 3 can extract the fluorescence detection

pattern F as a pattern S by setting the bright part of the fluorescence detection pattern F to "1", and setting others to "0." Tabulation 34' can be performed using this image S, and the silk pattern 3 can be inspected by the approach stated to the example 1.

[0038] As shown above, after detecting an object pattern 1, it was able to dissociate respectively and the copper outcrop 5 and the silk pattern 3 were able to be extracted. This reason is for applying a separate time limits/maintenance check respectively. That is, the copper outcrop 5 is a part which solders the lead of electronic parts behind, and since precise dimensional accuracy is required, it inspects by time limits/maintenance check which conducts a highly precise dimensional inspection.

[0039] There is no role of three silk pattern which achieves an electric function, and an operator only uses it for reference. Therefore, the precision of a pattern does not need to be high. Moreover, since the silk pattern itself is made by printing, it is inaccurate. Therefore, it inspects on the criteria that a time limits/maintenance check is also suitable. Thus, inspection of the optimal time limits/maintenance check is [the pattern of two or more classes with a different precision] realizable by separating and extracting both patterns with one set of test equipment.

[0040] Drawing 7 shows the example of the test equipment which realizes the pattern inspection approach stated by this invention.

[0041] The detectors F and R of an object pattern 1 shall detect the same part of an object pattern 1 according to optical system as shown in drawing 7 using a dichroic mirror 24. Detector F detects the object pattern 1 illuminated by short wave Nagamitsu, such as a purple light, according to fluorescence. A detector can also use detection by laser beam point scan by the case, although a TV camera or linear image sensors is usually used. Although omitted in drawing 7, the lighting section of optical system is equipped with the lighting section which illuminates short wave Nagamitsu, such as a purple light or ultraviolet radiation, to an object pattern, and the lighting section which illuminates red light from the method of slanting to an object pattern.

[0042] The A/D-conversion machine 27 is changed into the detecting signal 25 outputted from Detector F as F (for example, 256 steps of multi-tone signals). Next, a signal passes along the binary-ized circuit 28, and brightness becomes the picture signal F1 of "1" or "0." The binary-ized signal R1 is similarly acquired from Detector R. Henceforth, as shown in the example described until now, processing for extracting the copper outcrop 5 and the silk pattern 3 from two signals F1 and R1 is performed, and the picture signal S of only a silk is acquired.

[0043] In the case of an ultraviolet curing resist, extract processing of the silk pattern 3 is performed by the silk pattern extract circuit 29. The silk pattern signal S can be acquired from a signal F1 and a signal R1 by performing logical operation shown in the 3rd example.

[0044] As shown in the example 5 in the case of the heat-curing mold solder resist, a signal F1 turns into the silk pattern signal S.

[0045] In the case of an ultraviolet curing mold resist, the copper outcrop 5 can be extracted from a signal F1 and a signal R1 as a picture signal C by performing logical operation shown in the 2nd example. This is performed by the copper outcrop extract circuit 30.

[0046] In the case of a heat-curing mold resist, the copper outcrop 5 can be extracted from a signal F1 and a signal R1 as a picture signal C by performing logical operation shown in the 4th example. This is performed by the copper outcrop extract circuit 30.

[0047] If the silk pattern 3 and the copper outcrop 5 are respectively extracted as a picture signal S and a picture signal C as shown above, the label attachment circuit 31 and 31' will let it pass next. Characteristic quantity which mentioned above the signals

S1 and C1 which were able to attach the label by the characteristic quantity extract circuit 32 and 32' is calculated. The calculated characteristic quantity is transmitted to a computer PC 1, and the characteristic quantity tables 33 and 34 which consist of a coordinate and characteristic quantity are created.

[0048] On the other hand, a pattern is developed from CAD data by computer PC 2, and, as for a standard pattern, Table 35 of the characteristic quantity corresponding to the above-mentioned detection copper exposure pattern and a silk pattern is created. As these tables were stated to the example 1, a comparison is performed, and defective inspection is conducted. In addition, label attachment and characteristic quantity extract processing are the general image-processing technique, and are marketed also as a circuit.

[0049]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as explained, a defect is detectable according to this invention minute by measuring the dimension of a pattern. Under the present circumstances, since the comparison with a detection pattern and a reference pattern is performed by comparing the dimension of the pattern in both correspondence locations, it cannot be easily influenced by the dimension error or alignment error of a patchboard. Moreover, in the sample in which a variety of patterns are formed in the laminated structure, inspection can be performed by the time limits/maintenance check which was suitable for the time limits/maintenance check of the pattern of each class in the pattern of each class since these were inspected after the separation extract. Thus, since the object which was not able to be checked automatically conventionally can be inspected, effectiveness is very large.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of a test equipment configuration showing the conventional detection method type.

[Drawing 2] It is drawing showing the flow of processing of the characteristic quantity compare-check method which is the 1st example of this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing the flow of processing of the method of land inspection which is the 2nd example of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the flow of processing of the example of silk section separation processing which is the 3rd example of this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing the flow of the processing of the example of copper outcrop ***** which is the 4th example of this invention.

[Drawing 6] It is drawing showing the flow of processing of the example of silk section separation processing which is the 5th example of this invention.

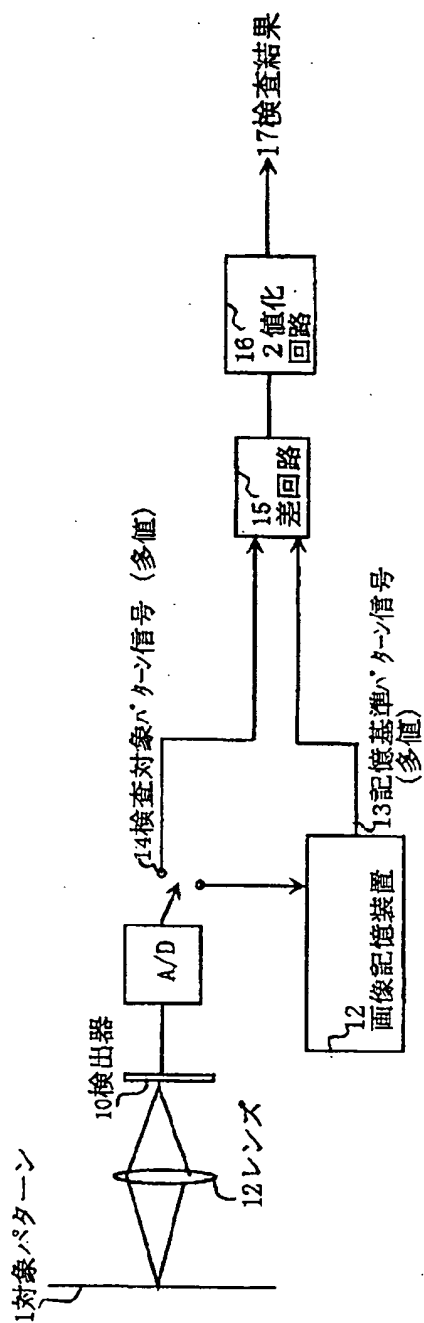
[Drawing 7] It is the block diagram showing the configuration of the pattern test equipment by this invention.

[Description of Notations]

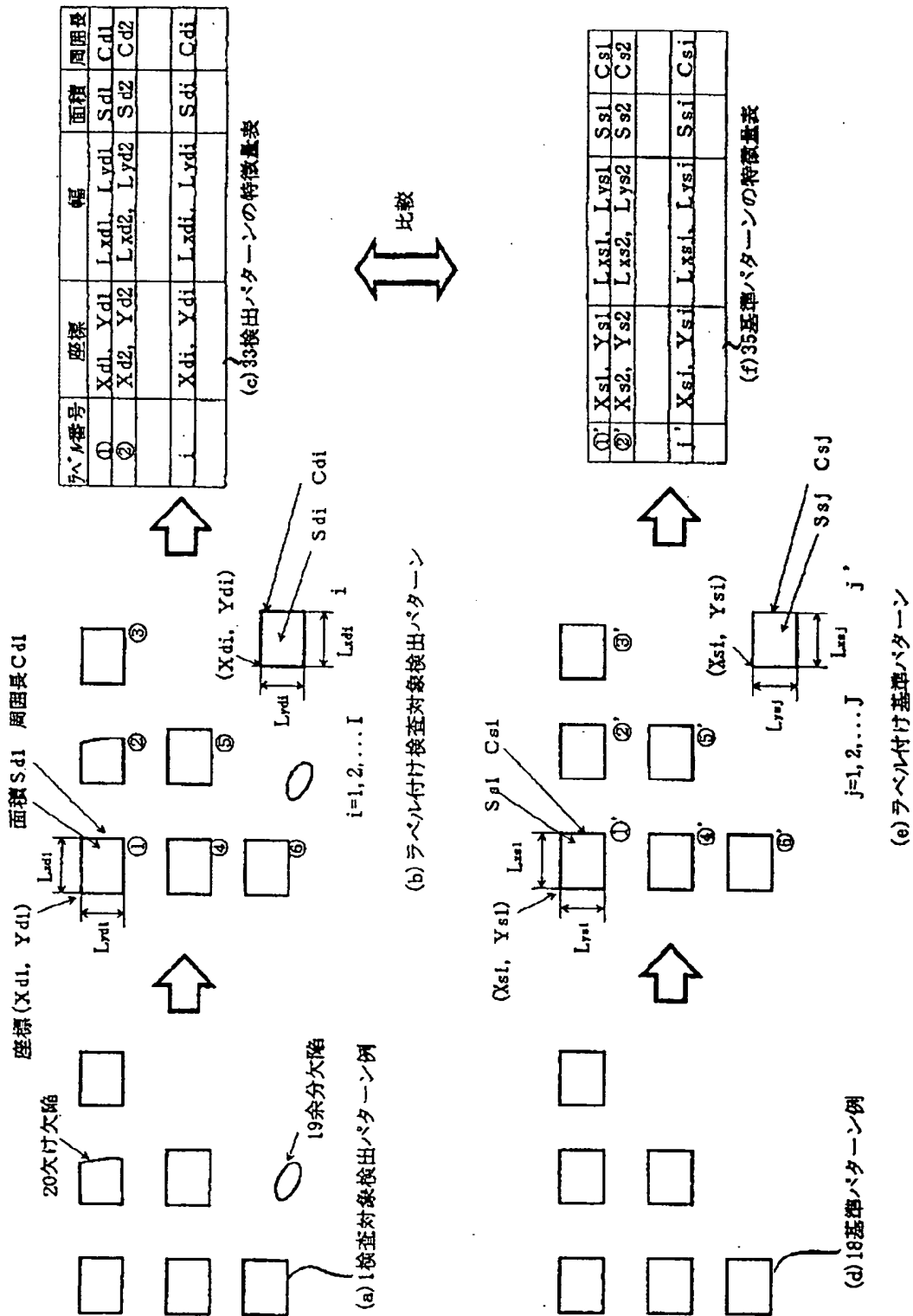
1 -- object pattern and 2 -- a solder resist pattern, three -- silk patterns, 4 -- base material section, and 9 -- a lens, 10 -- detector, 29 -- silk pattern extract circuit, and 30 -- a copper outcrop extract circuit, 31, and 31' -- label attachment circuit, and 32 and 32' -- feature-extraction circuit

[Drawing 1]

図 1 差画像による検査方式 (従来例)

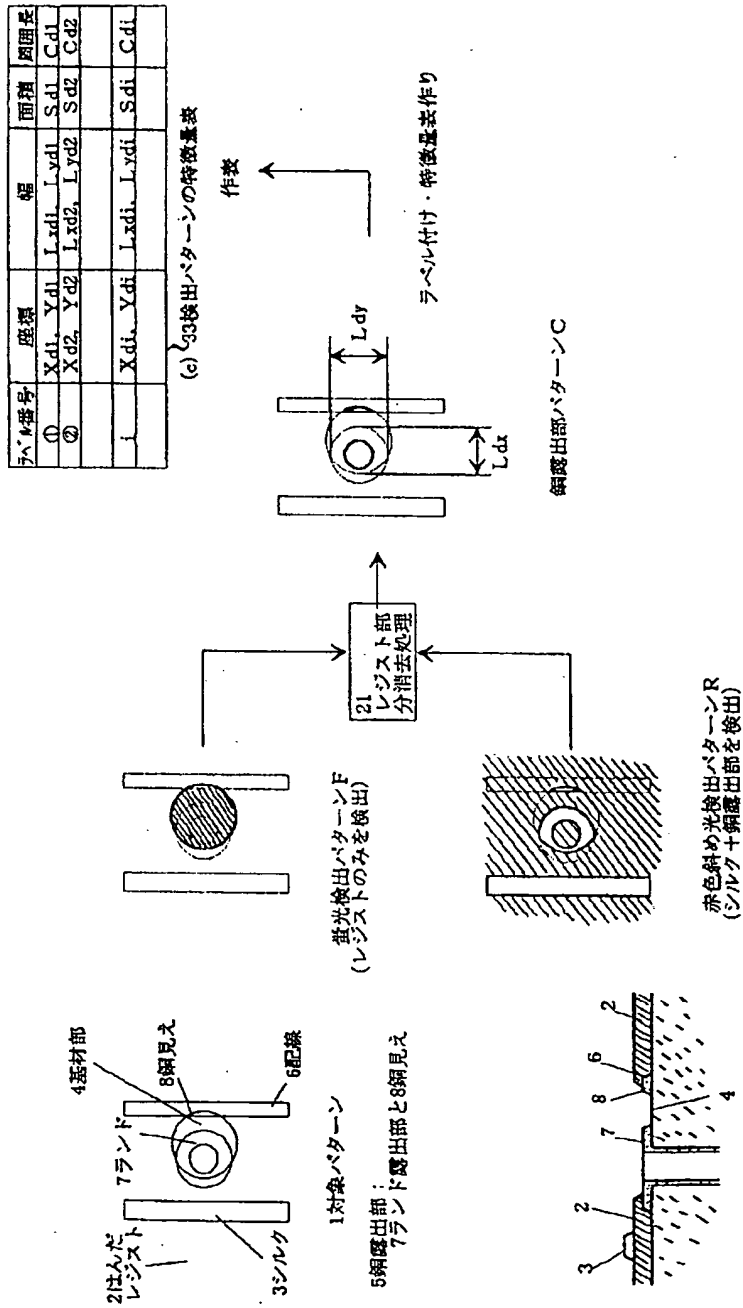


[Drawing 2]



[Drawing 3]

図 3 ランド検査の基本方式
[紫外線硬化形レジスト]



[Drawing 4]

[Drawing 5]

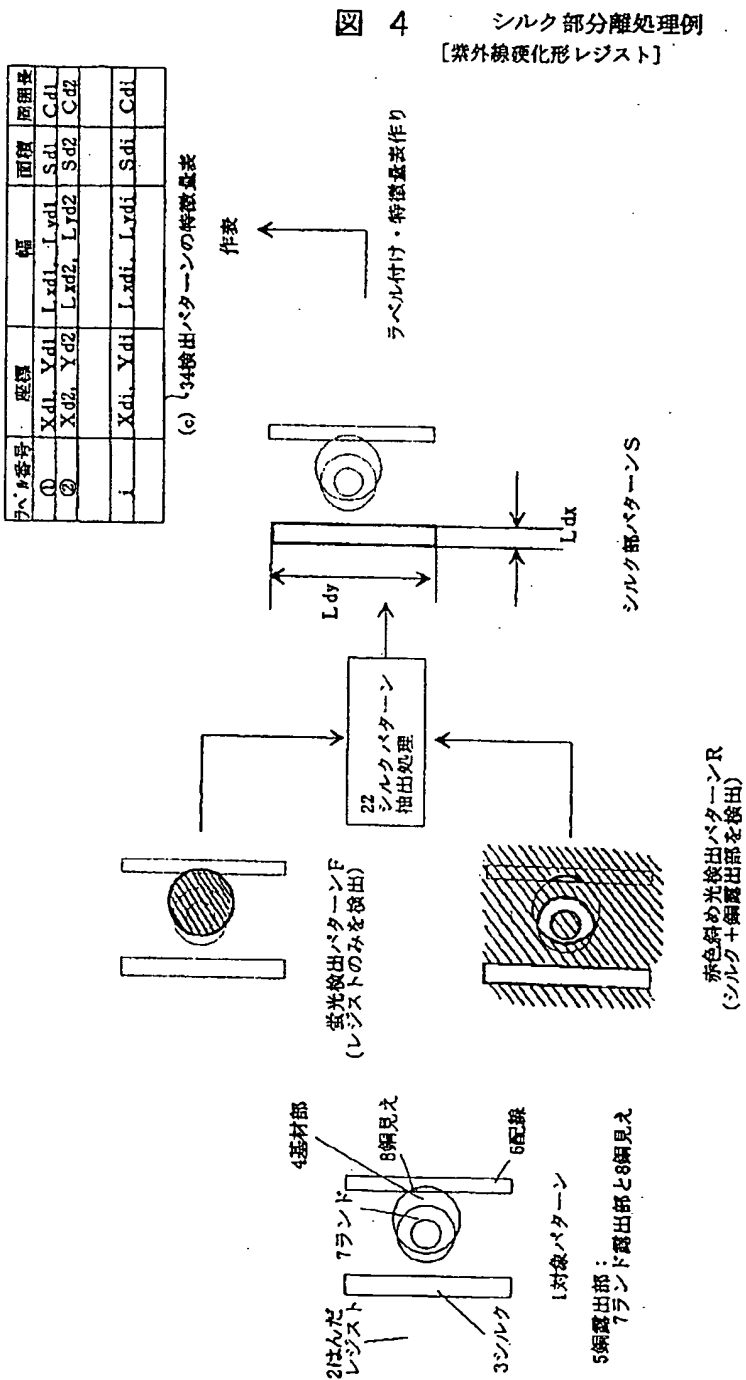


図 4 シルク部分離処理例
[紫外線硬化形レジスト]

図 5 銅露出部分離処理例

[熱硬化形レジスト]

ラベル番号	座標	幅	面積	周囲長
①	Xd1, Yd1	Lxd1, Lxd1	Sd1	Cd1
②	Xd2, Yd2	Lxd2, Lxd2	Sd2	Cd2
...
i	Xdi, Ydi	Lxd1, Lxd1	Sdi	Cdi

(c) 33' 検出パターンの特徴量表

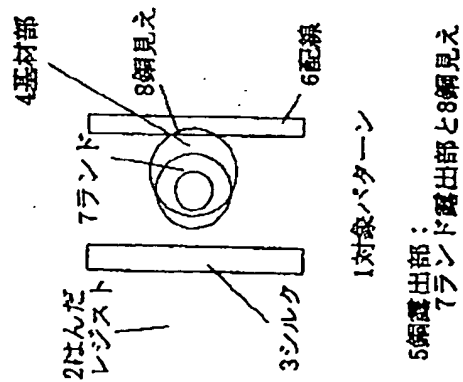
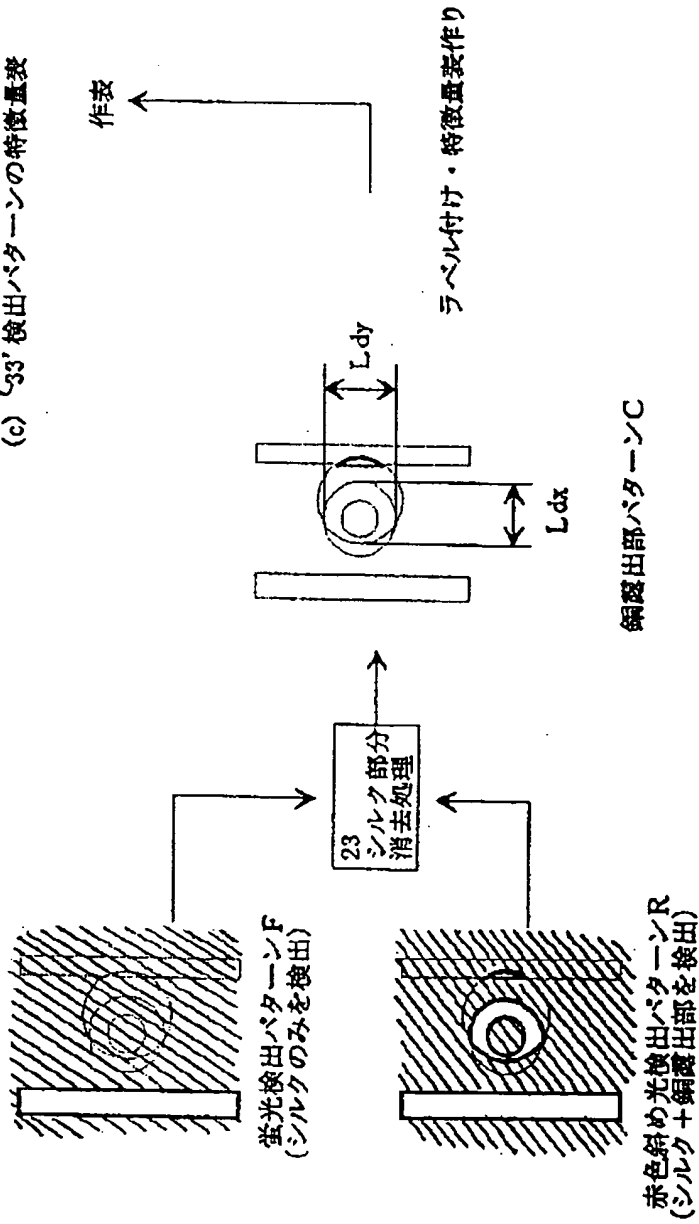


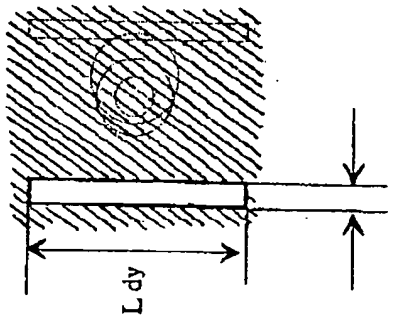
図 6 シルク部分離処理例
[熱硬化形レジスト]

ラベル番号	座標	幅	面積	周囲長
①	Xd1, Yd1	Lxd1, Lxd1	Sd1	Cd1
②	Xd2, Yd2	Lxd2, Lxd2	Sd2	Cd2
i	Xdi, Ydi	Lxdi, Lxdi	Sdi	Cdi

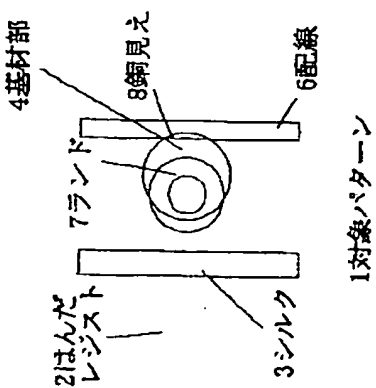
(c) 34' 検出パターンの特徴量表

作表

ラベル付け・特徴量表作り



蛍光検出パターンF
(シルクのみを検出) → シルク部パターンS



5銅露出部：
7ランド露出部と8銅見え

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-14324

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月22日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I	
G 0 1 B 11/24		G 0 1 B 11/24	F
	11/00		H
G 0 1 N 21/88		G 0 1 N 21/88	F
G 0 6 T 7/00		G 0 6 F 15/62	4 0 5 A
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁)			

(21) 出願番号 特願平9-171453

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月27日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 原 靖彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 小林 治臣

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 井上 光博

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地株式
会社日立製作所情報通信事業部内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

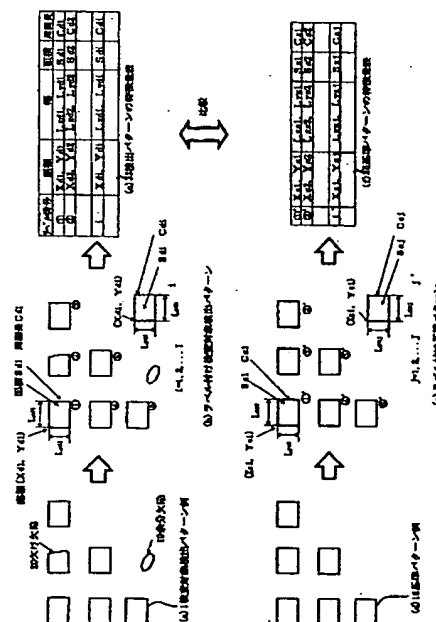
(54) 【発明の名称】 パターン欠陥検査方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】はんだレジストが塗布された多層配線板上の多層パターンの検査において、各層のパターンに対して、異なった検査基準をあてはめられるようにする。また、配線板に変形やパターンの歪み、基準パターンと検査対象検出パターン間の位置合せ誤差があっても、このような誤差を欠陥と判定しない検査方法を提供する。

【解決手段】検査対象パターンを検出し、検出したパターンの中で互いに分離したパターン毎にラベル付けし、ラベル付けした個々のパターンの特徴量を計算し、この特徴量とラベル付けされたパターンの位置に関連づけした表を作成する。他方、この検査対象パターンの基準となるパターンを用意し、基準パターンの特徴量についても同様に計算し、座標と関連付けた表を作成する。パターン検査にあたっては、同表の対応する座標に相当する近傍のパターンの特徴量を比較して、検査対象パターンと基準パターンとの特徴量を比較して欠陥検出する。

図 2 特徴量比較欠陥検査法



【特許請求の範囲】

【請求項 1】検査対象パターンを撮像して該検査対象パターンを検出し、該検出した検査対象パターンの中で互いに分離しているパターン毎にラベル付けをし、該ラベル付けをしたパターンごとに特徴量を計算し、該パターンごとに計算した特徴量と前記パターンの位置情報とを予め記憶した基準パターンの特徴量および位置情報と比較し、該比較した結果に基づいて前記検査対象パターンの欠陥を判定することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 2】前記特徴量が、パターンの寸法、面積、周囲長、重心、2 次モーメント、N 次モーメント、または面積・周囲長の自乗のうちの少なくとも何れか 1 つを含むことを特徴とする請求項 1 記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項 3】前記検査対象パターンが、はんだレジストが塗布されたプリント配線板のパターンであることを特徴とする請求項 1 記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項 4】前記検査対象パターンを検出することを、はんだレジストを塗布したプリント配線板を紫光などの短波長光で照明し、はんだレジスト部およびシルク印刷パターンから発生する蛍光を検出して第 1 の画像を得、前記プリント配線板を赤色光で照明し、該赤色光で照明されたプリント配線板を撮像して銅露出部とシルク印刷パターンを顕在化した第 2 の画像を得、前記第 1 の画像と前記第 2 の画像から、銅露出部およびシルク印刷パターンを抽出することにより行うことを特徴とする、請求項 1 記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項 5】前記検査対象パターンを検出することを、蛍光検出画像の明るい部分では赤色検出画像を無視し、蛍光検出画像の暗い部分でのみ赤色検出画像を残して銅露出部を抽出することにより行うことを特徴とする、請求項 1 記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項 6】前記検査対象パターンを検出することを、蛍光検出画像の明るい部分では赤色検出画像を残し、蛍光検出画像の暗い部分で赤色検出画像を無視することでシルクパターンを抽出することにより行うことを特徴とする、請求項 1 記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項 7】前記検査対象パターンを検出することを、蛍光検出画像の明るい部分から、シルクパターンを抽出することにより行うことを特徴とする、請求項 1 記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項 8】パターンを有する検査対象基板に照明光を照射する照射手段と、該照射手段により照射された前記パターンの画像を検出する画像検出手段と、該画像検出手段により検出された前記パターンの画像をラベル付けて該ラベル付けした前記パターンごとの特徴量を計算して前記パターンの位置情報と共に記憶する特徴量算出手段と、予め規準パターンの特徴量を算出して該算出した特徴量と前記規準パターンの位置情報とを記憶する

記憶手段と、前記特徴量算出手段で求めた前記パターンの特徴量と位置情報とを前記記憶手段に記憶した前記基準パターンの特徴量と位置情報と比較して前記パターンの欠陥を判定する欠陥判定手段とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 9】パターンを有する検査対象基板に照明光を照射する照射手段と、該照射手段により照射されて前記検査対象基板から発生する蛍光を検出して前記検査対象基板の蛍光画像を検出する蛍光画像検出手段と、前記照射手段により照射されて前記検査対象基板で反射した赤色光を検出して前記検査対象基板の赤色光画像を検出する赤色光画像検出手段と、前記蛍光画像検出手段で検出した前記蛍光画像と前記赤色光画像検出手段で検出した前記赤色光画像とからそれぞれ特徴量を算出して該特徴量を予め記憶しておいた基準パターンの特徴量と比較して前記検査対象基板の欠陥を判定する欠陥判定手段とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 10】前記照明手段が、紫色光または紫外光を照射する第 1 の照射部と、赤色光を照射する第 2 の照射部とを有することを特徴とする請求項 8 または 9 に記載のパターン欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、配線板パターンの欠陥の有無を検査する装置に係り、一般の電子回路パターンの検査に適用できるが、特にはんだレジスト塗布後のプリント配線板パターン（プリント配線板最終製品）の欠陥の検査に最適に考案されたものである。具体的には露出した銅ランド部の欠陥検査。シルク文字、あるいはシルク線パターンの欠陥を検査する手法として好適な方法及びその装置を提供するものである。

【0002】

【従来の技術】電子回路パターンの検査法としては、基準となるパターンと検査対象パターンとの差違を欠陥と判定する方法が良く用いられる。従来のはんだレジスト塗布後の配線板パターン検査方式もこの方法である。図 1 に示すように、先ず対象パターン 1 を検出器 10 で検出して、画像記憶装置 12 に記憶し、これを基準パターンとする。記憶画像は多値画像、例えば 256 段階の濃度を持つ画像として記憶する。次に検査対象パターンを同様に検出して、記憶基準パターン信号 13 と、検査対象パターン信号 14 との差を差回路 15 によってとる。パターンに差異があると差回路からは大きな差信号が出て来る。差信号がある設定値より大きいときこれを欠陥と判定することができる。これは回路としては 2 値化回路 16 により実現できる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】電子回路パターンの外観検査の自動化は製品の信頼性の向上および製造工程の省人化のために重要である。特にプリント配線板の製造

においては、その最終製品、即ち、はんだレジスト塗布後の配線板の外観検査は目視検査にて実施されているのが一般的である。上記配線板は図3対象パターン1に示すように、はんだレジスト2の緑色、シルクパターン3の白色、配線板基材部4の薄青色、銅露出部5の銅金属色よりなっており複雑なパターンとなっている。このことから、自動検査が難しく、十分な性能の外観検査装置が見当たらない。しかし、電子機器の高機能・高密度化に伴い、検査品質向上の要求が厳しくなり、また熟練した検査要員の確保が困難になってきていることから、上記配線板パターンの外観検査の自動化は必須となっている。

【0004】前述したように、従来のはんだレジスト塗布後の配線板検査装置では、これらの多層パターンを一括して多値画像として検出している。このために、多層の各パターンは皆同じ検査基準でしか検査できない。しかし、多層の各パターンは、おのおの検査基準が異なる。すなわち、銅露出部パターンは比較的精度良く作られており、はんだ付けを実行する上で障害となる欠陥があってはならない。これに対して、シルクパターンはシルクスクリーン印刷で製造され、パターンも粗っぽい。機能的にも人が参考として見るために存在するものであるから、さほど厳密な検査基準があるわけではない。要求される検査法は、これらの各層のパターンに対して、異なった検査基準をあてはめられる方法でなければならない。

【0005】また、従来の方法は配線板に変形やパターンの歪み、基準パターンと検査対象検出パターン間の位置合せ誤差があると、これらは欠陥として検出される。これらの誤差は実際の配線板においては必ず生じるものであるから、このような誤差を欠陥と判定しない検査方法が必要である。

【0006】本発明の目的は、試料上に形成される多層パターンを、配線板の歪みや位置合わせ誤差を欠陥と見誤らず、かつ各層ごとに異なった検査基準で検査することができるパターン検査方法及びパターン検出装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、パターン欠陥検査方法を、検査対象パターンを撮像して該検査対象パターンを検出し、この検出した検査対象パターンの中で互いに分離しているパターン毎にラベル付けをし、このラベル付けをしたパターンごとに特徴量を計算し、パターンごとに計算した特徴量とパターンの位置情報とを予め記憶した基準パターンの特徴量および位置情報と比較し、この比較した結果に基づいて検査対象パターンの欠陥を判定することを特徴とするパターン欠陥検査方法とした。

【0008】また、パターン欠陥検査装置を、パターンを有する検査対象基板に照明光をを照射する照射手段

と、この照射手段により照射されたパターンの画像を検出する画像検出手段と、この画像検出手段により検出されたパターンの画像をラベル付けしてこのラベル付けしたパターンごとの特徴量を計算してパターンの位置情報と共に記憶する特徴量算出手段と、予め規準パターンの特徴量を算出してこの算出した特徴量と規準パターンの位置情報とを記憶する記憶手段と、特徴量算出手段で求めたパターンの特徴量と位置情報とを記憶手段に記憶した基準パターンの特徴量と位置情報と比較してパターンの欠陥を判定する欠陥判定手段とを備えて構成した。

【0009】また、本発明では、パターン欠陥検査装置を、パターンを有する検査対象基板に照明光を照射する照射手段と、この照射手段により照射されて検査対象基板から発生する蛍光を検出して検査対象基板の蛍光画像を検出する蛍光画像検出手段と、照射手段により照射されて検査対象基板で反射した赤色光を検出して検査対象基板の赤色光画像を検出する赤色光画像検出手段と、蛍光画像検出手段で検出した蛍光画像と赤色光画像検出手段で検出した赤色光画像とからそれぞれ特徴量を算出してこの特徴量を予め記憶しておいた基準パターンの特徴量と比較して検査対象基板の欠陥を判定する欠陥判定手段とを備えて構成した。

【0010】即ち、本発明によれば、パターンの寸法等を測定して、基準パターンの寸法等と比較してパターンの検査を行うのでパターンの寸法などを直接精度良く検査することができる。このとき、この検査は対象パターンの歪み・伸縮、位置合わせ誤差量とは無関係に検査を実行することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明による、検出された画像からパターン欠陥を検査する方法の実施例を、図2～6を用いて説明する。

【0012】先ず、第1の実施例を、図2に基づいて説明する。

【0013】検出された検査対象パターンは例えば図2(a)に示すような対象パターン1であるとする。検査はつぎのように実行される。

【0014】先ず、これらのパターン1を画像処理で「ラベル付け」と言われる処理を行う。ラベル付けは図2(b)に示すように各々の孤立したパターン毎に番号①、②、③、・・・を付ける処理である。

【0015】つぎに、ラベル付けされたパターン①、②、③・・・ごとに各パターンの特徴量を計算する。特徴量は例えば、パターンの幅 L_{xi} 、高さ L_{yi} 、パターンの面積 S_{di} 、パターンの周囲長さ C_{di} 、重心座標 M_{xdiydi} 、2次モーメント $M2_{xdiydi}$ などである($i=1, 2, 3, \dots, 1$)。また、各パターンの代表座標位置(X_{di}, Y_{di})を計算する。これは、例えば各パターンの左上の座標あるいは重心座標である。これらの処理から得られた特徴量から図2(c)に示すような

検出パターンの特徴量表33を作る。

【0016】他方、検査対象パターンには「基準パターン」があるものとする。基準パターンは、設計データから作ったパターンからあらかじめ実際のパターンを検出することにより得られる。図2(d)に示すように基準パターン18においても、同様にラベル付けと基準パターンの特徴量表35(図2(f))を作る。ラベル付け番号を①', ②', ③', ...とする。

【0017】これらの2つの表から、検査を次のように行う。

【0018】図2(c)の検出パターンの特徴量表から検査対象検出パターンの座標値(X_{di} , Y_{di})を順次引いてくる($i = 1, 2, 3, \dots, I$)。これらの座標値(X_{di} , Y_{di})と図2(f)の基準パターンの特徴量表における座標値(X_{sj} , Y_{sj})との差、

$$X_{di} - X_{sj} = \varepsilon_x,$$

$$Y_{di} - Y_{sj} = \varepsilon_y$$

を順次求める($j = 1, 2, 3, \dots, J$)。

$$【0019】|\varepsilon_x| \leq E$$

および

$$|\varepsilon_y| \leq E$$

であるとき(Eは位置誤差許容定数である)、両パターンは対応するパターンであると、判断して特徴量の比較を行う。特徴量の比較は、特徴量の差がある基準値より大きいとき両パターンには差異があると判定し欠陥があると出力する。

【0020】例えば、

$$|L_{xdi} - L_{xsi}| \geq \Delta L,$$

および

$$|L_{ydi} - L_{ysi}| \geq \Delta L$$

のときパターンの大きさが違うと判断して、検出パターンは欠陥であるとする。 ΔL はパターン幅に対する検査基準定数である。

【0021】以上は特徴量としてパターンの幅と高さをとったが、パターンの面積S、周囲長Cをとることもできる。

【0022】これらのとき、同様に、

$$|C_{di} - C_{si}| \geq \Delta C,$$

あるいは、

$$|S_{di} - S_{si}| \geq \Delta S,$$

に基づいて、パターンの検査を行うことができる。 ΔC は周囲長に対する検査基準定数、 ΔS は面積に対する検査基準定数である。

【0023】以上は各パターンの幅、面積、周囲長を検査基準としたが、パターンの面積 S_{di} と周囲長 C_{di} の自乗との比、パターンの重心 $M_{xdi}y_{di}$ 、2次モーメント $M_{2xdi}y_{di}$ を検査基準としてもよい。

【0024】以上に示した方法によって、位置誤差 ε の大きさとは無関係の大きさの検査基準(ΔL , ΔC , ΔS 等)を設定してパターンの検査を行うことができる。

検査基準定数 ΔL , ΔC , ΔS 等はその大きさを変えることにより精密な検査もできるし、また、粗い検査も行うことができる。

【0025】図2(a)に示すように余分なパターン欠陥19がある場合は、その座標に対応する基準パターンがないのであるから、これを欠陥と判定することができる。位置誤差 ε の許容値Eは、パターンの配列ピッチの1/2の大きさまで許されるので、大変位置許容の大きな条件で検査を実行することができる。

10 【0026】次に、本発明によるパターン欠陥検査の第2の実施例として、図3を用いて説明する。

【0027】図3に示す対象パターン1はプリント配線板の最終製品(はんだレジスト塗布後、シルクパターン形成後)のパターンを示す。このパターンを検査対象とする場合、パターンの検出には特許出願平8-44665(平8年3月1日)に示されたパターン検出方法が適用できる。

【0028】この検出法を用いて、はんだレジスト塗布後のプリント配線板検出画像から銅パターン露出部(ランド部)およびシルクパターンを抽出する実施例を以下に示す。

30 【0029】図3は、紫外線硬化型のはんだレジスト2を塗布された配線板に対して適用できる銅露出部を抽出する実施例である。図3では、蛍光検出法による検出画像Fと赤色光によって照明してパターンを検出した画像Rとを用いている。紫外線硬化型のはんだレジストは蛍光を発生するので、蛍光による検出ではレジスト部は明るく、それ以外の部分は暗く映る。また、シルクパターン3も明るく映る。赤色光照明検出パターンRでは、銅の露出部5とシルクパターン3が明るく、他は暗く映る。つぎに検出した画像を「明」の部分で「1」、「暗」の部分で「0」に変換した画像を扱うものとする。

【0030】レジスト部分消去処理21により、蛍光検出パターンの「0」の部分のみで、赤色光検出パターンの「1」を残し、その他の部分を「0」とする処理を行うことにより、シルクパターン3のない銅露出部5のみのパターンC(図3の「銅露出パターンc」で太い実線で表した部分)を得ることができる。これにより、はんだレジスト2で覆われない銅部分のパターン5が得られる。この画像Cのラベル付けと作表33を行い、実施例1に述べた方法により銅露出部(ランド部7と銅見え8、その他の銅露出欠陥部)を検査することができる。

【0031】次に、本発明によるパターン欠陥検査の第3の実施例を、図4を用いて説明する。

40 【0032】図4は、紫外線硬化型のはんだレジストを塗布された配線板に対して適用できるシルクパターン3を抽出する実施例である。シルクパターン抽出処理22によって、蛍光検出パターンFの「1」の部分のみで、赤色光検出パターンRの「1」を残し、その他の部分を

「0」とする処理を行うことにより、シルクパターン3のみのパターンSを得ることができる。この画像Sを用いて作表34を行い、第1の実施例によりシルクパターン3を検査することができる。

【0033】さらに、本発明の第4の実施例を、図5を用いて説明する。

【0034】図5は熱硬化型のはんだレジスト塗布配線板に対して適用できる実施例を示す。対象パターン1の検出としては上記の実施例と同じく、蛍光検出パターンFと赤色光検出パターンRを用いる。熱硬化型のはんだレジストの場合、レジスト部は暗く映るので蛍光による検出パターンFではシルクパターン3は明るく、それ以外の部分は暗く映る。他方、赤色光照明検出パターンRでは、銅の露出部5とシルクパターン3が明るく、他は暗く映る。

【0035】シルクパターン消去処理23によって、蛍光によるシルク検出パターン3の「1」の部分のみで、赤色光検出パターンRの「1」を「0」にして、その他の部分の画像をそのままにする処理を行うことにより、シルクパターン3のない銅露出部のみのパターンCを得ることができる。この画像Cを用いて作表33'を行い、実施例1に述べた方法により銅露出部5（ランド部7、銅見え8、その他の銅露出欠陥部）を検査することができる。

【0036】また、本発明の第5の実施例を、図6を用いて説明する。

【0037】図6は、熱硬化型のはんだレジスト塗布配線板に対して適用できる実施例を示す。蛍光検出パターンFからシルクパターン3を抽出する方法を示す。この場合、蛍光検出パターンFはシルクパターン3のみが明るく顕在化されているので、蛍光検出パターンFの明るい部分を「1」、その他を「0」にすることによって直接シルクパターン3がパターンSとして抽出できる。この画像Sを用いて作表34'を行い、実施例1に述べた方法によりシルクパターン3を検査することができる。

【0038】以上示したように、対象パターン1を検出後、銅露出部5とシルクパターン3を各々分離して抽出することができた。この理由は、各々別々の検査基準をあてはめるためである。すなわち、銅露出部5は後に電子部品のリードをはんだ付けする部分であり、精密な寸法精度が必要であるから、高精度の寸法検査を行うような検査基準で検査を行う。

【0039】シルクパターン3は電気的機能を果たす役割はなく、単に作業者が参考用に用いるものである。従って、パターンの精度は高くなくてもよい。また、シルクパターン自体も印刷によって作るので精度は悪い。従って、検査基準も相応の基準で検査を行う。このように、両パターンを分離して抽出することにより、異なった精度を持つ複数の種類のパターンを最適の検査基準の検査を1台の検査装置で実現することが出来る。

【0040】図7は、本発明で述べたパターン検査方法を実現する検査装置の実施例を示す。

【0041】対象パターン1の検出器FおよびRは、例えば図7に示すような光学系により、ダイクロイック・ミラー24を利用して、対象パターン1の同じ部分を検出するものとする。検出器Fは紫光などの短波長光により照明された対象パターン1を蛍光により検出する。検出器は通常TVカメラカリニアイメージセンサが用いられるが、場合によりレーザ光点走査による検出も使うことができる。図7では省略しているが、光学系の照明部は、紫光または紫外光などの短波長光を対象パターンに照明する照明部と、斜方より赤色光を対象パターンに照明する照明部とを備えている。

【0042】検出器Fから出力する検出信号25はA/D変換機27を通り、例えば256段階の多階調信号Fに変換される。つぎに信号は2値化回路28を通り、明るさが「1」あるいは「0」の画像信号F1になる。同様に検出器Rからも2値化信号R1が得られる。以降、今まで述べた実施例に示したように、二つの信号F1およびR1から銅露出部5およびシルクパターン3を抽出するための処理が行われ、シルクのパターンの画像信号Sを得る。

【0043】紫外線硬化レジストの場合、シルクパターン3の抽出処理はシルクパターン抽出回路29により行われる。信号F1と信号R1から、第3の実施例に示す論理演算を実行することにより、シルクパターン信号Sを得ることができる。

【0044】熱硬化型のはんだレジストの場合は、実施例5に示したように、信号F1がシルクパターン信号Sとなる。

【0045】紫外線硬化型レジストの場合、銅露出部5は信号F1と信号R1から、第2の実施例に示す論理演算を実行することにより画像信号Cとして抽出できる。これは銅露出部抽出回路30により行なわれる。

【0046】熱硬化型レジストの場合、銅露出部5は信号F1と信号R1から、第4の実施例に示す論理演算を実行することにより画像信号Cとして抽出できる。これは銅露出部抽出回路30により行なわれる。

【0047】以上示したように、シルクパターン3と銅露出部5がおのおの画像信号Sと画像信号Cとして抽出されると、次にラベル付け回路31および31'に通される。ラベルを付けられた信号S1およびC1は特徴量抽出回路32および32'により前述したような特徴量が計算される。計算された特徴量はコンピュータPC1に転送されて、座標と特徴量とからなる特徴量表33および34が作成される。

【0048】他方、標準パターンは、コンピュータPC2によりCADデータからパターンが展開されて、上記検出銅露出パターンおよびシルクパターンに対応する特徴量の表35が作成される。これらの表は実施例1に述

べたように比較が行われて、欠陥検査が行われる。なお、ラベル付けおよび特徴量抽出処理は一般的な画像処理手法であり、回路としても市販されている。

【0049】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、パターンの寸法を計測することにより、欠陥を細密に検出できる。この際、検出パターンと基準パターンとの比較は、双方の対応位置にあるパターンの寸法を比較することにより行われるので、配線板の寸法誤差や位置合せ誤差に影響されにくい。また、多種多様なパターンが積層構造にて形成されている試料において、各層のパターンを分離抽出後、これらを検査するので、各層のパターンの検査基準に適した検査基準で検査を実行することができる。このように従来自動検査することができなかった対象を検査できるようになるので効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の検査法式を示す検査装置構成のブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施例である特徴量比較検査法の処理の流れを示す図である。

【図3】本発明の第2の実施例であるランド検査の方式の処理の流れを示す図である。

【図4】本発明の第3の実施例であるシルク部分離処理例の処理の流れを示す図である。

【図5】本発明の第4の実施例である銅露出部離処理例の処理の流れを示す図である。

10 【図6】本発明の第5の実施例であるシルク部分離処理例の処理の流れを示す図である。

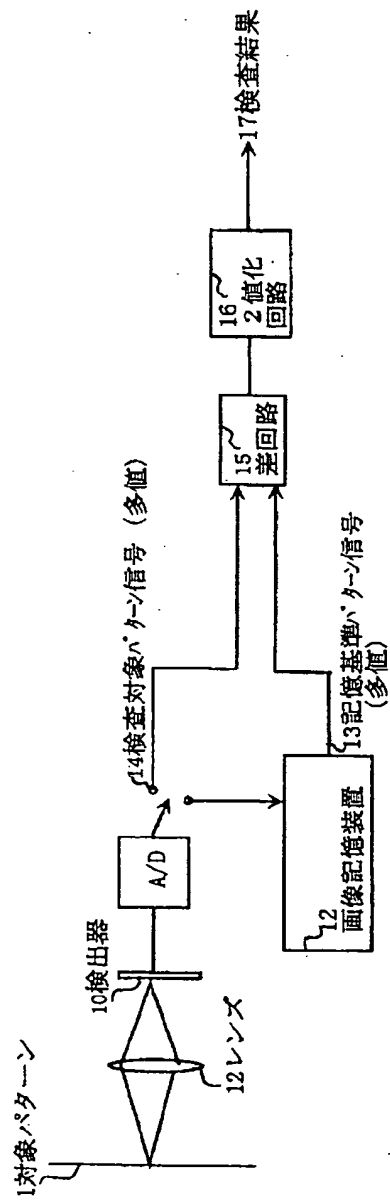
【図7】本発明によるパターン検査装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

1…対象パターン、2…はんだレジストパターン、3…シルクパターン、4…基材部、9…レンズ、10…検出器、29…シルクパターン抽出回路、30…銅露出部抽出回路、31、31'…ラベル付け回路、32、32'…特徴抽出回路

【図1】

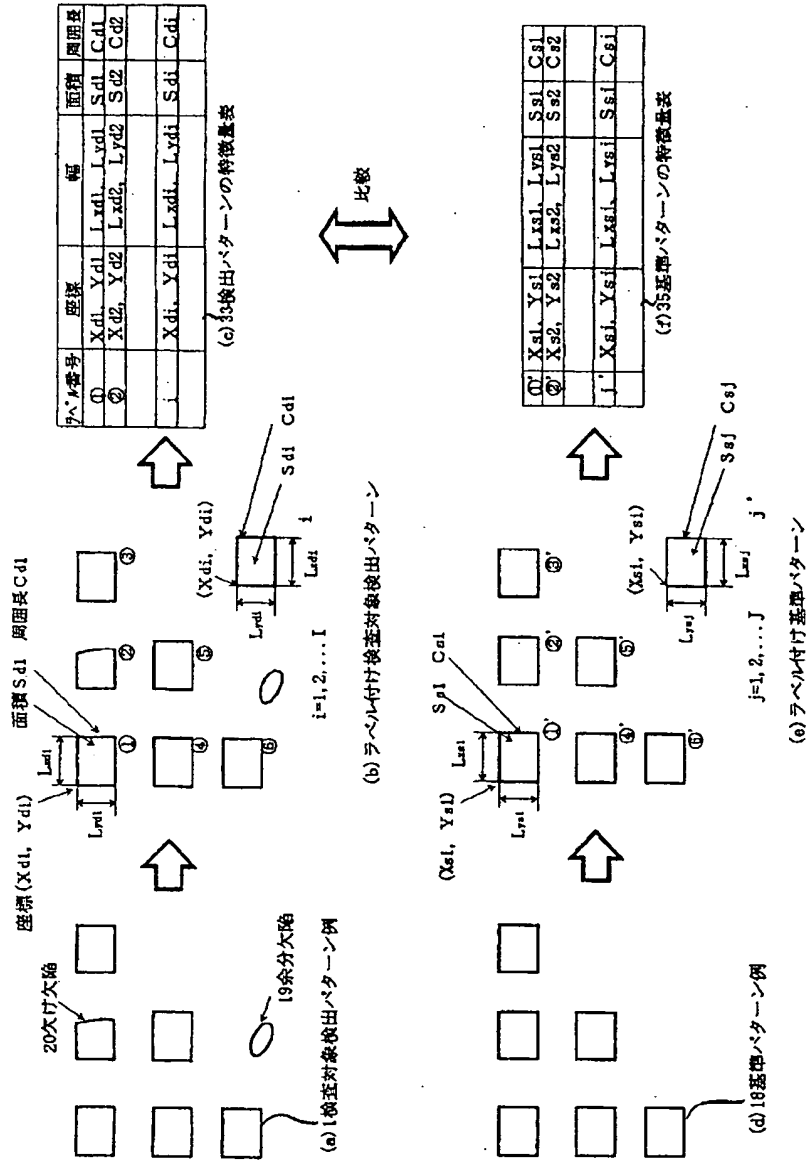
図1 差画像による検査方式(従来例)



[図2]

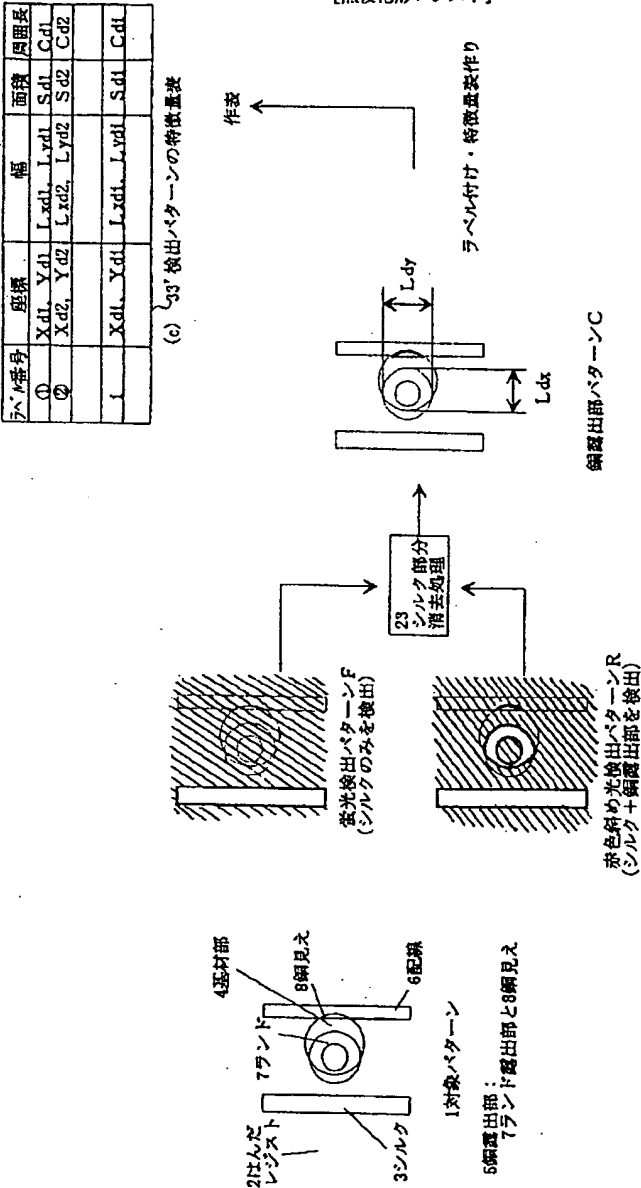
図 2

特徴量比較欠陥検査法



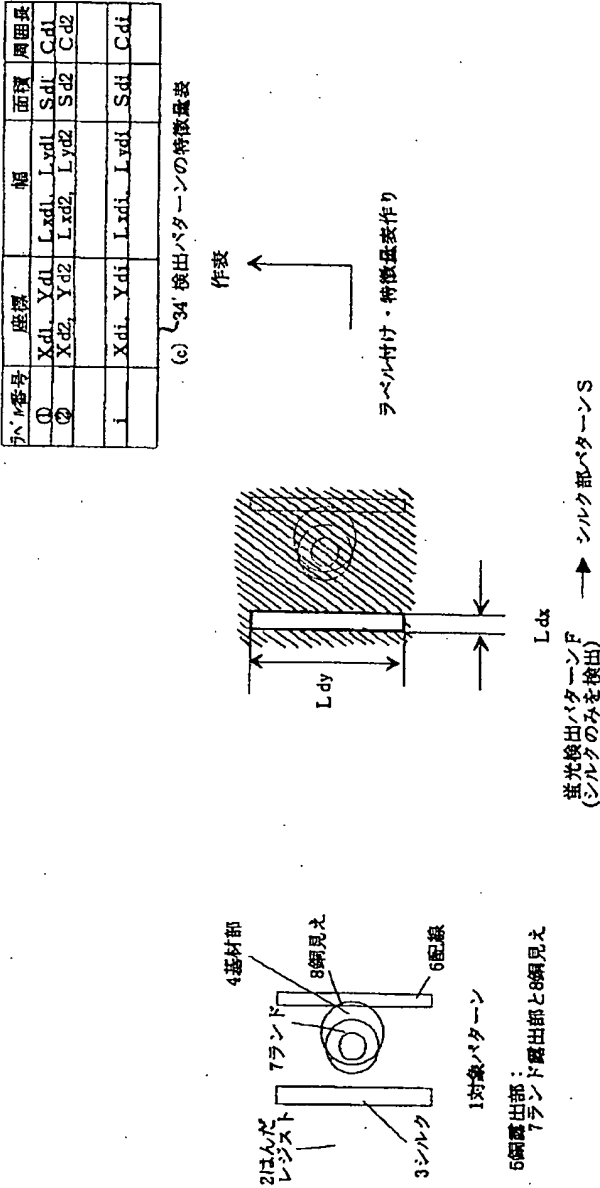
【図5】

図 5 銅露出部分離処理例
〔熱硬化性レジスト〕



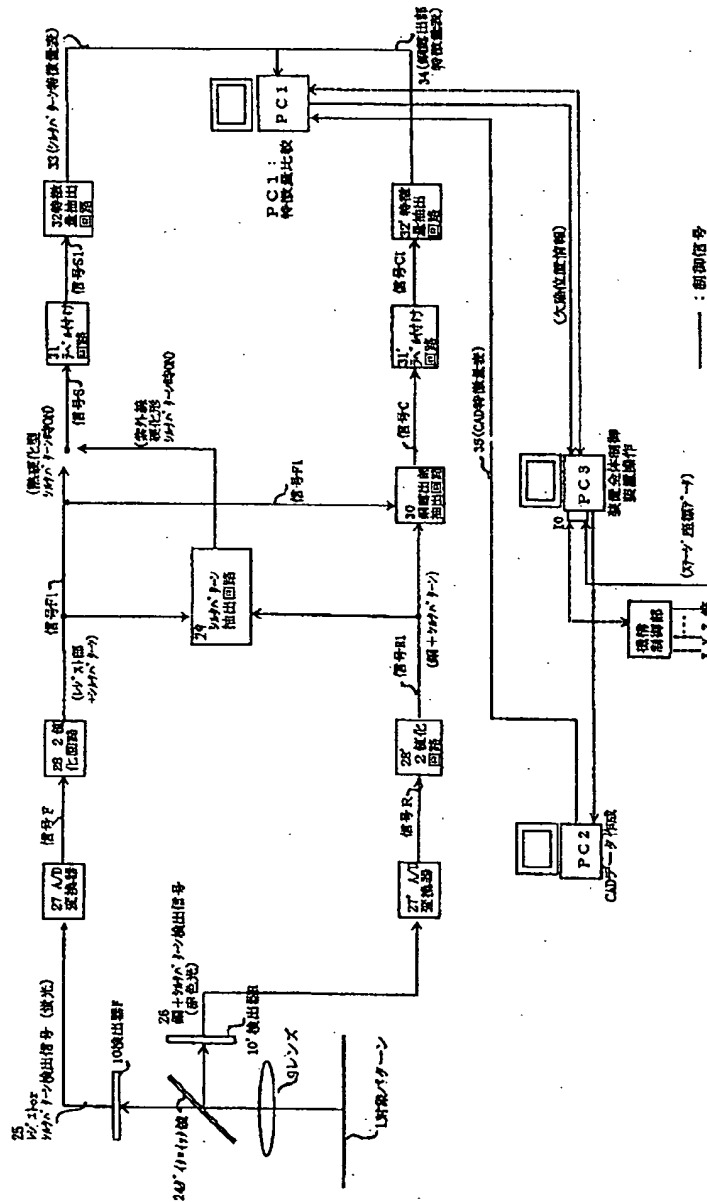
【図6】

図 6 シルク部分離処理例
【熱硬化形レジスト】



【図7】

図7 検査装置実施例



フロントページの続き

(72)発明者 佐々田 正人
 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地株式
 会社日立製作所情報通信事業部内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.